



Benkovački pločasti kamen

PROCJENA CJELOVITOSTI I ISKORISTIVOSTI *BENKOVAČKOG PLOČASTOG KAMENA*

UDK: 622.35

Rukopis primljen za tisak 18. 04. 2013.

Klesarstvo i graditeljstvo, Pučišća, 2013. br. 1-2

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

Prikazane su stare i nove spoznaje o građi stijenske mase u ležištima *benkovačkog pločastog prirodnog kamena* važne za procjenu cjelovitosti i povećanje iskoristivosti stijenske mase. Obavljena su i dodatna geološka te strukturna i petrografska istraživanja. Cilj je omogućiti bolju ocjenu strukturno-teksturnih značajki važnih za izračunavanje volumnog koeficijenta cjelovitosti, kombinacijom linearnog i površinskog koeficijenta. Osim toga pokazalo se, da se, nakon eksploatacije, polijevanjem kamenih elemenata vodom može olakšati kalanje kamena duž slojnica čime se dodatno može povećati iskoristivost stijenske mase. Obraden primjer odnosi se na iskustva stečena u više različitih kamenoloma.

Ključne riječi: benkovački pločasti kamen, geološka istraživanja, petrografska istraživanja, "zatvorene slojnice"

UVOD

Nadaleko poznat i tražen *benkovački pločasti kamen* eksploatira se u brojnim kamenolomima na širem području Benkovca. Zbog svoje atraktivnosti i velike potražnje *benkovački prirodni ili arhitektonsko-građevni kamen* važan je "brend" spomenutog područja. Na prostoru mediterana poznat je od antičkih vremena. Pripada slojevitim naslagama gornjoeocenske starosti. U naslagama se pojavljuje u slojevima različite

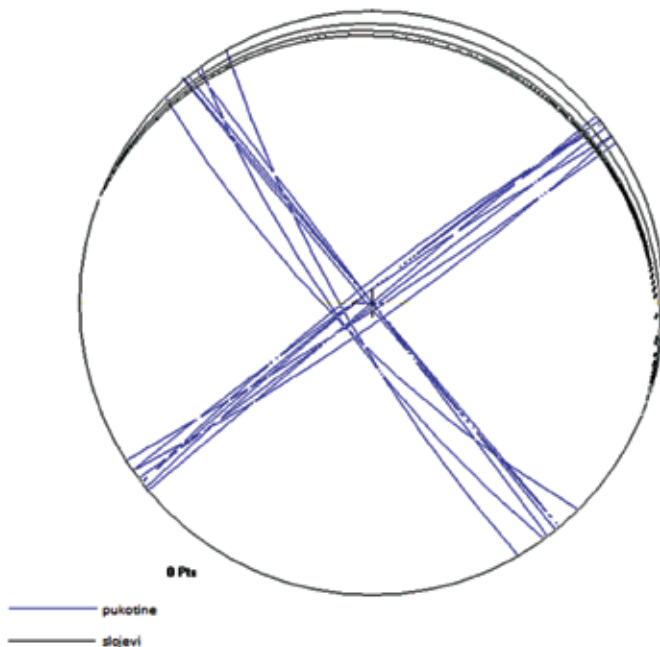


Sl. 1 Izmjena slojeva muljnjaka (mikrita) i kalkarenita

debljine. Prilikom ugradnje kameni elementi najčešće se polažu na način kako su bili položeni u ležištu ("naturally bedded"). U tom slučaju kameni su elementi opterećeni okomito na slojevitost. Takav se način ugradnje smatra statički najboljim i najprirodnijim posebice kod izrade zidova. Sporadično se njime oblažu fasade pri čemu se ugrađuje na način da su mu vidljive slojne plohe ("face bedded"). Vrlo rijetko se ugrađuje na način da su kamene ploče vertikalne i orijentirane okomito na vidljive površine kamenih konstrukcija ili "edge bedded".

Ovo je pokušaj da se procjeni volumna iskoristivost stijenske mase korištenjem linearnih te linearnog i površinskog koeficijenta iskoristivosti. Prikazani način je pogodan za procjenu rezervi u tijeku izrade geoloških elaborata. Dobiveni podaci o iskoristivosti koriste se za utvrđivanje bilančnih i eksploatacijskih zaliha. Iskoristivost stijenske mase znatno utječe na isplativost eksploatacije tanko slojevitih ležišta. Na tržišnu cijenu utječu još njegova dekorativnost i obradivost, zatim njegova fizička, mehanička i kemijska svojstva.

Slojevitost je glavna strukturno-teksturna značajka ležišta u kojima se eksploatira *benkovački pločasti kamen*. Izražena je jasno vidljivim izmjenama tanjih ili debljih slojeva (sl. 1). Najučestalije debljine slojeva u ležištima kreću se u granicama od 2 do 20 cm. Na tržištu su najtraženiji pločasti elementi debljine 2 do 6 cm. U stijenskoj masi najčešće dominiraju dva sustava pukotina subvertikalnog do vertikalnog nagiba (sl. 2). Na slici je vidljivo da se sijeku međusobno pod kutom od 90° ili približno 90° . Oba spomenuta sustava pukotina okomita su ili približno okomita na slojevitost. Ovakav međusobni polo-



Sl. 2 Strukturalni dijagram izmjerenih pukotina i slojevitosti

žaj pukotina i slojevitosti smatra se vrlo povoljnim. Pretežito vertikalne i subvertikalne tektonske razlomljene zone sporadično umanjuju iskoristivost stijenske mase. Potrebno ih je procijeniti te u odnosu na njih smanjiti ukupnu iskoristivost pojedinih ležišta. Iskoristivost također smanjuju nekomercijalne debljine pojedinih slojeva manje od 2 cm i veće od 20 cm, te dijelovi stijenske mase koje nije moguće odvajati duž potencijalnih prirodnih slojnica.

O problemima iskoristivosti i izračunavanju koeficijenata cjelovitosti pisali su brojni autori. Dobra procjena omogućuje najbolje moguće vrednovanje ležišta prije početka eksploatacije. Na iskoristivost ležišta utječe i način eksploatacije a koji u mnogome može poboljšati iskorištenje stijenske mase.

Važnost tehničkog, dekorativnog i geološkog kriterija pri istraživanju novih ležišta arhitektonsko-građevnog ili prirodnog kamena ističu Bilbija i dr. (1974); Tomašić i Crnković (1974), te Crnković i Bilbija (1984).

Važnost ocjene cjelovitosti i buduće iskoristivosti stijenske mase ističe Tomašić (1976a, 1976b). Bez odgovarajuće ocjene cjelovitosti ulazi se u velike rizike prilikom iskorištenja i pridobivanja blokova u ležištima arhitektonsko-građevnog kamena.

O iskoristivosti ležišta arhitektonskog ili prirodnog kamena u ovisnosti od položaja diskontinuiteta (pukotina i slojeva) i tehnologije eksploatacije pisao je Tomašić, (1978 i 1982). Temeljem provedenih istraživanja ističe se potreba prilagođavanja eksploatacije položaju diskontinuiteta. Uz to važno je primijeniti odgovarajuću tehnologiju eksploatacije kod koje ne dolazi do "škartiranja" stijenske mase.

Potrebno je istaknuti još jedan od problema a koji se već duže razdoblje javlja prilikom istraživanja i procjene upotrebljivosti stijenske mase u kamenolomima na ben-

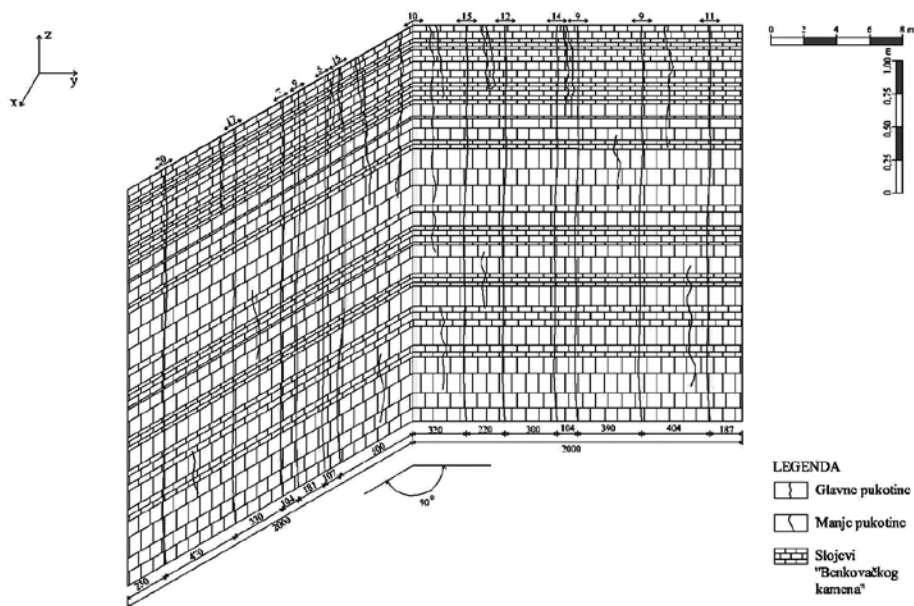
kovačkom području. Odnosi se to na izračunavanje i ocjenu cjelovitosti ili iskoristivosti stijenske mase u kamenolomima. Postoje različiti pristupi pri izračunavanju cjelovitosti i iskoristivosti stijenske mase. Bilo bi dobro stvoriti jedinstven način kojim bi se moglo jednostavno i unaprijed na otvorenim frontama kamenoloma utvrditi cjelovitost na logičan i pravilan način.

Da se linearni koeficijenti cjelovitosti ili iskoristivosti mogu vrlo dobro koristiti prilikom istražnih bušenja ističu Tomašić i Kršinić (2011). Korištenje tri linearna koeficijenta kod izračunavanja volumnog koeficijenta preporuča se kod izrade istražnih radova s tri istražne bušotine. Bušotine tom prilikom moraju biti usmjerene približno okomito na tri sustava diskontinuiteta. Koristiti se mogu i stare otkopne fronte čiji je međusobni prostorni položaj pod kutom od 90° ili približno 90° .

ODREĐIVANJE CJELOVITOSTI STIJENSKE MASE

Za određivanje linearnog koeficijenta cjelovitosti pogodne su stare i nove vertikalne i subvertikalne otkopne fronte na kojima je moguće vrlo lagano izmjeriti posebice debljine pojedinih tržišno traženih slojeva. Mogu se koristiti i podaci iz istraživačkih bušotina. Dobar uvid u volumnu cjelovitost može se postići u dijelovima ležišta gdje dvije otkopne fronte stoje pod kutom od približno 90° kao što je to prikazano na slici 3.

Takav primjer položaja otkopnih fronti omogućuje korištenje tri linearna koeficijenta cjelovitosti. Također je, u ovom primjeru, moguće koristiti kombinaciju jednog linearnog s jednim površinskim koeficijentom cjelovitosti. Pritom jedan od koeficijenata linearne cjelovitosti mora biti analiziran okomito na slojevitost a druga dva moraju biti okomiti na druga dva sustava pukotina kao što to prikazuju izmjereni podaci na sl. 2.



Sl. 3 Dvije otkopne fronte pod kutom od 90°

Jedna od glavnih značajki stijenske mase je mogućnost laganog odvajanja *benkovačkog kamena* duž prirodnih ploha slojevitosti. Stoga u stijenskoj masi, a prema terminologiji u kamenarskoj branši, razlikujemo "slobodne" ili "otvorene" slojnice duž kojih se kamen može potpuno slobodno ili udarcima odvajati, "kalati" ili "cijepati". Slojnice duž kojih se kamen ne može slobodno odvajati su "zatvorene". U novije vrijeme za takve se slojnice kaže da su "slijepljene" ili "amalgamirane". Slojnice stoga mnogo utječu na iskoristivost stijenske mase u ležištu. Ponekad je lakšim udarcima čekića moguće odvajati kamen i duž "zatvorenih" slojnica. Dobro odvajanje povoljno utječe na pridobivanje i iskorištenje kamena. S obzirom da svi slojevi nisu upotrebljivi, odnosno da nemaju komercijalni značaj, moguće je izračunavanje linearnog koeficijenta cjelovitosti.

Koeficijent linearne cjelovitosti izračunava se korištenjem vrlo jednostavne formule:

$$Klcj = \frac{\Sigma(d_1 + d_2 + d_3 + \dots d_n)}{D} \cdot 100(\%) \quad (1)$$

Koeficijent površinske cjelovitosti izračunava se prema slijedećoj formuli:

$$Kpcj = \frac{\Sigma(d_1 \cdot \check{s}_1) + (d_2 \cdot \check{s}_2) + \dots (d_n \cdot \check{s}_n)}{P} \cdot 100(\%) \quad (2)$$

Volumna cjelovitost izračunava se pomoću formule:

$$Kvcj = \frac{\Sigma(d_1 \cdot \check{s}_1 \cdot l_1) + (d_2 \cdot \check{s}_2 \cdot l_2) + \dots (d_n \cdot \check{s}_n \cdot l_n)}{V} \cdot 100(\%) \quad (3)$$

Oznake u formulama (1); (2) i (3) označavaju:

d_1, d_2 – komercijalne debljine ploča (slojeva)

\check{s}_1, \check{s}_2 – komercijalne širine ploča (moguće)

l_1, l_2 – komercijalne dužine ploča (moguće)

D – ukupna debljina svih analiziranih slojeva

P – ukupna analizirana površina

V – ukupni analizirani volumen stijenske mase

Primjer (a): Izračunavanje koeficijenta linearne cjelovitosti okomito na slojevitost: Na visini otkopne fronte od 3,50 dobiven je $Klcj$ -1 u iznosu od 56 %. Po visini je upotrebljivo 1,96 m stijenske mase od ukupne debljine svih slojeva (2 do 16 cm).

Primjer (b): Izračunavanje koeficijenta linearne cjelovitosti okomito na I sustav pukotina: za ploče dimenzija 40x40 cm dobiven $Klcj$ -2 u iznosu od 81 %. Na 8,00 m upotrebljivo je 6,48 m.

Primjer (c): Izračunavanje koeficijenta linearne cjelovitosti okomito na II sustav pukotina: za ploče dimenzija 40 x 40 cm dobiven je $Klcj$ -3 u iznosu od 75 %. Na 10 m upotrebljivo je 7,5 m kamena.

Primjer (d): Izračunavanje koeficijenta volumne cjelovitosti K_{vcj-4} : Dobiven je iz umnoška K_{lej-1} , K_{lej-2} i K_{lej-3} te iznosi 34,02 % ($0,56 \times 0,81 \times 0,75 \times 100$).

Primjer (e): Izračunavanje koeficijenta površinske cjelovitosti na površini slojeva (terena) veličine 19 x 19 m: Određen je uz pretpostavku da se na toj površini mogu bez problema eksploatirati ploče dimenzija 40 x 40 cm. K_{pcj-5} iznosi 0,51%. Cjelovitost je dobivena iz odnosa površine svih pukotinskih i tektonskih zona u odnosu na ukupnu promatranu površinu. Određivanje ovog koeficijenta najteži je i najodgovorniji posao. Zahtjeva raščišćavanje terena (sl. 4). Analiza ovakvih površina utječe znatno na izbor tehnologije eksploatacije.

Primjer (f): Izračunavanje koeficijenta volumne cjelovitosti K_{vcj-6} : Dobiven je umnoškom koeficijenta linearne cjelovitosti (a) i koeficijenta površinske cjelovitosti (e), ($0,56 \times 0,51 \times 100 = 28,56$ %). Koeficijent linearne cjelovitosti utvrđen je okomito na slojevitost a koeficijent površinske cjelovitost odnosi se na površinu gornjeg vidljivog sloja u kamenolomu (sl. 4).



Sl. 4 Priprema za određivanje K_{pcj-5}

Nesumnjivo je da se prava ili stvarna iskoristivost stijenske mase može dobiti tek nakon eksploatacije pojedinih dijelova ili cijelog ležišta *benkovačkog prirodnog kame-
na*.

MOGUĆE DODATNO POVEĆANJE ISKORISTIVOSTI

Kako bi se povećalo iskorištenje stijenske mase u ležištima učinjen je dodatni pokušaj odjeljivanja kamena duž "zatvorenih" slojnica. U tom je pogledu obavljeno pokusno odjeljivanje kamena duž "zatvorenih" slojnica upotrebom termičkih šokova za vrijeme ljetnih mjeseci. Kamen je svaki dan polijevan vodom nakon čega se na suncu očekivalo razdvajanje još ponekog komada kamena duž prethodno slabije "zatvorenih" slojnica.

Naslage u brojnim ležištima na širem benkovačkom području čine karbonatno organogeni sedimenti. Radi se o dobro uslojenim i izraženim izmjenama tanjih i debljih vapnenačkih proslojaka muljnjaka (mikrita) i kalkarenita (sl. 5 i 6). Kamen se koristi kao glavni ili sporedni materijal u izgradnji brojnih građevina. Mnoge građevine izgrađene od *benkovačkog kamena* danas su svojevrsni simboli Dalmacije te su zaštićeni kao kulturna baština.



Sl. 5 i 6 Uzorak sa 3,0 m dubine: laminirana tekstura vidljiva (lijevo) i pod mikroskopom (desno)

Učestali udio kamenih elementa sa "zatvorenim slojnicama" smanjuje iskoristivost stijenske mase u ležištima. Brojni "zatvoreni", slijepljeni ili amalgamirani slojevi važno su obilježje i značajan problem kod većine ležišta na benkovačkom području. Smanjuju iskoristivost stijenske mase. Pojam amalgamirani dolazi od lat. riječi *amalgamatio* što se odnosi na stapanje, u ovom slučaju stapanje proslojaka. Učiniti "zatvorene slojnice"



Sl. 7 Kontakt karbonatni mulnjak-kalkarenit: oštri (gore) i blagi (dolje)

"otvorenim", odnosno slobodnim za fizičko i mehaničko razdvajanje, bilo bi vrlo korisno i isplativo.

U većini ležišta jasno je vidljiva izmjena svjetlijih (blijedo žutosmeđih) i tamnijih (svijetlosivih) proslojaka. Svjetliji proslojci su u pravilu znatno deblji od tamnijih, odnosno može se reći da tamniji proslojci predstavljaju lamine unutar svjetlijih slojeva. Mineraloško-petrografskom analizom svijetli proslojci određeni su kao karbonatni mulnjak (mikrit), a tamniji kao kalkarenit.

Razdvajanje se očekivalo na kontaktima duž slojnica između karbonatnog mulnjaka i kalkarenita (sl. 7 i 8). To su najčešća mjesta na kojima su slojnice "zatvorene", odnosno to su potencijalna mjesta za razdvajanje. Razdvajanje se može obavljati mehaničkim putem čekićem i hidrauličkim čekićem i vlaženjem kamena na suncu. Mehaničko razdvajanje može se obavljati cijele godine u kamenolomima. Razdvajanje vlaženjem obavlja se polijevanjem kamena vodom na suncu u tijeku velikih ljetnih vrućina. Upijena voda duž slojnica može izazvati otapanje i slabljenje međuslojnih veza. Veza duž spomenutih slojnica može oslabiti i uslijed širenja zagrijane vode ali i uslijed stvaranja parnih tlakova u trenutku kad se kamen, i u njemu upijena voda, jako zagriju na suncu. Kristalizacija nekih soli i kristalizacijski tlakovi također omogućavaju razdvajanje. Potrebno je naglasiti kako potencijalne plohe razdvajanja predstavljaju samo oštri kontakti između ova dva spomenuta tipa (sl. 7 i 8).

"Zatvorene" slojnice mogu se pojavljivati i unutar istog petrografskog varijeteta. Ponajviše u karbonatnom mulnjaku. Slojne plohe vidljive su kao "zatvorene" plohe sraštanja (karbonatno vezivo). Potencijalne plohe razdvajanja između "zatvorenih" slojnica sadrže veliku koncentraciju sitnih pukotina u kojima se tijekom vremena mogu nakupiti minerali glina (kaolinit) kao produkt ispiranja iz zemlje crvenice (terra rossa) i ilovače



Sl. 8 Pojave zemljanog (glinovitog) materijala unutar "zatvorenih slojnica" olakšavaju razdvajanje

sa površine terena. Tijekom vremena mogu se filtrirati oborinama duž slojnih ploha i prisutnih sustava pukotina. Na sl. 9, 10 i 11 vidljivi su kameni elementi prije i poslije tretiranja vodom.

Kamen zasićen vodom širi se na suncu. Temperaturni šokovi utječu na razdvajanje duž slojnica. Odvajanju doprinose i minerali glina koji bubre duž slojnica. Odvajanje mogu pospješiti topive soli različitog porijekla koje se otapaju u fazi vlaženja i kristaliziraju u fazi sušenja. Kod *benkovačkog kamena* utvrđeno je prosječno upijanje vode od 1, 37 mas. %. To je relativno nisko upijanje vode no ipak dovoljno da potpomogne razdvajanje duž proslojaka.

U jednom od tipičnih ležišta *benkovačkog kamena*, ovisno o visini otkopne fronte i debljini naslaga moguće je postojanje i do 15 "zatvorenih slojnica". Neke od njih moguće su potencijalne plohe razdvajanja. Slojnice koje su "zatvorene" a duž kojih bi se kamen mogao odvajati u tanje ploče većinom se nalaze na manjim dubinama što je i logično. Takvi dijelovi stijenske mase izloženi su brojnim fizičkim promjenama u površinskim dijelovima ležišta s obzirom na temperaturne promjene i utjecaj vode.

Za ispitivanje je uzeto 20 komada pločastih komada kamena. Ispitivanje je provedeno u neposrednoj blizini ležišta, dakle u klimatskim uvjetima sličnim kao u ležištu. Uzorci

su posloženi na betonsku podlogu te su zalijevani vodom svakim danom od 14 do 15 h u trajanju od 45 dana, odnosno od 15. 7. do 1. 9. 2011 godine (sl. 9, 10 i 11).

Po završetku ispitivanja, pet uzoraka od ukupno 20 uzoraka, razdvojilo se po potencijalnoj plohi razdvajanja duž slojnice nakon blažeg udara čekićem. Ostali uzorci nisu se mogli razdvojiti nakon ispitivanja.

Na temelju provedenih istraživanja može se smatrati da bi se u pojedinim ležištima ovim postupkom razdvojilo približno 25 % amalgamiranih slojeva sa dubine manje od 3 m. Može se ocijeniti da bi se uz bolju pripremu i izvođenje vlaženja razdvojilo gotovo 35% odabranog kamena.



Sl. 9, 10 i 11 Uzorci sa "zatvorenim" slojnicama prije i poslije tretiranja vodom

ZAKLJUČAK

Istraživanje je pokazalo da su u ovakvim tanko slojevitim tipovima ležišta moguće velike razlike u procjeni cjelovitosti a s time i iskoristivosti kamenih ploča koje se mogu dobiti eksploatacijom. Stoga nije dobro niti moguće u potpunosti u svim ležištima koristiti iste ili vrlo slične podatke za cjelovitost i iskoristivost. Brojni su razlozi mogućim razlikama.

Udio slobodnih slojnica (primjer: a) duž kojih se pojedini slojevi mogu odvajati ili cijepati u kamene ploče nije stalan, te osim što njihov broj varira od kamenoloma do kamenoloma, mijenja se i okomito na slojevitost ali i po pružanju u istom sloju. Mogu se dobro odrediti na starim otkopnim frontama ali i istražnim bušenjem na jezgru.

Određivanje koeficijenta linearne cjelovitosti okomito na slojevitost (primjer a) ne može vrijediti za cijelo ležište s obzirom da slojevi najčešće imaju nagib od 11-12°. Napredovanjem eksploatacije nakon svakih desetak metara ulazi se u novu skupinu slojeva s drugim značajkama s obzirom na debljinu i mogućnost odvajanja duž slobodnih slojnica. U tom bi pogledu pogodno bilo da se eksploatacijska polja dodjeljuju što više paralelno s pružanjem.

Na cjelovitost vrlo mnogo utječu veličine gotovih proizvoda. Uzimanjem u obzir stalne veličine ploča kod izračunavanja cjelovitosti 40 x 40 cm nije zadovoljavajuće s obzirom da se danas rade mnogi proizvodi manjih pa čak i većih dimenzija, ovisno o debljini sloja. Uzimanjem u obzir manjih dimenzija ploča iskoristivost bi se znatno povećala.

Uzimanjem unaprijed samo određenih debljina slojeva pogrešno je s obzirom da se situacija na tržištu povremeno mijenja. Najtraženije su ploče debljine 2 do 6 cm. Ostale debljine su sporadično i povremeno tražene. Ovakve navike treba mijenjati. Šteta je da dio ploča dobivenih iz drugih debljina slojeva završava na jalovištu.

Zbog pokrivenosti ležišta jalovinom vrlo je teško odrediti raspored i učešće vertikalnih i subvertikalnih tektonskih zona koje drastično umanjuju koeficijent površinske cjelovitosti K_{pcj-5} (primjer e). Istražnim bušenjem gotovo ih je nemoguće predvidjeti. Moguće ih je odrediti čišćenjem gornjih dijelova ležišta. Međutim, na taj način poskupljuju troškovi eksploatacije. S obzirom na značajke ležišta i asortiman gotovih proizvoda, te mogućnost dodatnog povećanja iskoristivosti, može se procijeniti da bi se ukupno iskorištenje ležišta moglo kretati u granicama od 20 do 40 %.

LITERATURA

Bilbija, N., Crnković, B. i Grimšičar, A. (1974): "Perspektivna područja za eksploataciju arhitektonsko-građevinskog kamena", zbornik radova, simpozij: *Ukrasni i tehnički kamen*, 1-16, Opatija.

Crnković, B. i Bilbija, N. (1984): "Vrednovanje arhitektonsko-građevinskog kamena", *Geološki vjesnik*, 37, 81-95, Zagreb.

Tomašić, I. i Crnković, B. (1974): "Osvrt na postojeći Propis o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi ukrasnog kamena i vođenju evidencije o njima", zbornik radova, simpozij: *Ukrasni i tehnički kamen*, 17-25, Opatija.

Tomašić, I. (1976a): "Metodologija istraživanja ležišta na primjeru obrađenog ležišta Vinicita u Vinici kraj Varaždina", simpozij: *Sirovinska baza kao osnova za dalji razvoj industrije arhitektonsko-građevinskog kamena*, 28-33, Sarajevo.

Tomašić, I. (1976b): "Ocjena cjelovitosti stijenske mase (ležište arhitektonsko-građevinskog kamena Pećina kraj Vinice)", *Građevinar* 11, 473-482, Zagreb.

Tomašić, I. (1978): "Iskoristivost ležišta arhitektonskog kamena u ovisnosti od tektonskog sklopa i tehnologije eksploatacije", Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 63 str., Zagreb

Tomašić, I. (1982): "Iskoristivost ležišta arhitektonskog kamena u ovisnosti od tektonskog sklopa i tehnologije eksploatacije", *Rudarsko-metalurški zbornik* 29, 332-342, Ljubljana.

Tomašić, I. i A. Kršinić (2011): "Some important facts for estimation of natural stone deposits during the exploitation", *World of Marmomacchine*, 46-53, Milano.

ESTIMATION OF INTEGRITY AND UTILIZATION OF BENKOVAC PLATY STONE

S u m m a r y

In the wider area of Benkovac there are numerous quarries where the reserves of the *Benkovac platy natural stone* are exploited. The goal of exploration is to estimate the possible stone integrity and the determination of utilization of the rock mass during the exploitation in the form of thin plates of various sizes suitable for stone construction and cladding. The prior and the additional knowledge about geological, structural and petrographical characteristics were also used. At the same time, this is an opportunity to display an increase of the usability of the rock mass. In this sense an additional efforts have been made regarding the possible separation of stone along the "closed contours" in order to increase the utilization of rock mass in the deposit. In this regard water splashing could be used during the very hot summer days. On this way links between two layers of stone are weakened and separation of plates is possible.

Key words: Benkovac platy stone, geological characteristics, petrographical characteristics, "closed contours"